

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05311306
PUBLICATION DATE : 22-11-93

APPLICATION DATE : 08-05-92
APPLICATION NUMBER : 04143405

APPLICANT : NIKKEI TECHNO RES CO LTD;

INVENTOR : TSUCHIYA KENJI;

INT.CL. : C22C 21/02

TITLE : ALUMINUM ALLOY FOR EXTRUSION AND FORGING

ABSTRACT : PURPOSE: To provide an aluminum alloy having tensile strength comparable to that of an alloy for elongation, showing high elongation, and excellent in forgeability and wear resistance.

CONSTITUTION: This aluminum alloy for extrusion and forging has a composition containing, by weight, 3.5-6.5% Si, 0.05-0.15% Sb, $\leq 0.25\%$ Fe, 0.5-3.5% Cu, 0.01-0.1% Ti, 0.2-0.6% Mg, and 0.0005-0.02% B. Further, this alloy can contain one or ≥ 2 kinds selected from, by weight, 0.05-0.5% Mn, 0.05-0.3% Cr, 0.001-0.05% Sr.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-311306

(43)公開日 平成5年(1993)11月22日

(51)Int.Cl.⁵

C 2 2 C 21/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21)出願番号	特願平4-143405	(71)出願人	000004743 日本軽金属株式会社 東京都港区三田3丁目13番12号
(22)出願日	平成4年(1992)5月8日	(71)出願人	000152402 株式会社日軽技研 東京都港区三田3丁目13番12号
		(72)発明者	神尾 一 静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 株式会社日軽技研内
		(72)発明者	山田 達 静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号 株式会社日軽技研内
		(74)代理人	弁理士 小橋 信淳 (外1名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 押出し・鍛造用アルミニウム合金

(57)【要約】

【目的】 展伸用合金に匹敵する33kg/mm²以上の引張り強さをもち、且つ13%以上の伸びを示す鍛造加工性及び耐摩耗性に優れたアルミニウム合金を提供する。

【構成】 この押出し・鍛造用アルミニウム合金は、Si:3.5~6.5重量%、Sb:0.05~0.15重量%、Fe:0.25重量%以下、Cu:0.5~3.5重量%、Ti:0.01~0.1重量%、Mg:0.2~0.6重量%及びB:0.0005~0.02重量%を含有する。更に、Mn:0.05~0.5重量%、Cr:0.05~0.3重量%及びSr:0.001~0.05重量%から選ばれた1種又は2種以上を含有することもできる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si:3.5~6.5重量%, Sb:0.05~0.15重量%, Fe:0.25重量%以下, Cu:0.5~3.5重量%, Ti:0.01~0.1重量%, Mg:0.2~0.6重量%及びB:0.0005~0.02重量%を含有し、残部が実質的にAlであることを特徴とする押出し・鍛造用アルミニウム合金。

【請求項2】 Si:3.5~6.5重量%, Sb:0.05~0.15重量%, Fe:0.25重量%以下, Cu:0.5~3.5重量%, Ti:0.01~0.1重量%, Mg:0.2~0.6重量%, B:0.0005~0.02重量%を含み、更にMn:0.05~0.5重量%, Cr:0.05~0.3重量%及びSr:0.001~0.05重量%から選ばれた1種又は2種以上を含有し、残部が実質的にAlであることを特徴とする押出し・鍛造用アルミニウム合金。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、展伸用合金に匹敵する強度をもち、鍛造加工性及び耐摩耗性に優れたアルミニウム合金に関する。

【0002】

【従来の技術】熱間鍛造用素材のアルミニウム合金として、6061, 6066, 6082等の6000番台のAl-Mg-Si合金が従来から使用されている。なかでも、6061合金は、最も多く鍛造材として使用されている。しかし、6061合金は、引張り強さが27~33kg/mm²であり、いわゆる中強度部材としての用途に制約される。

【0003】6000番台のアルミニウム合金は、熱間鍛造によって強度を向上させ且つ所定形状に成形された後、T₁等の熱処理が施されている。ところが、熱処理によって加工組織の再結晶粒が粗大化し、強度、伸び等の機械的性質が低下する。熱処理による再結晶粒の粗大化は、特に50%以上の高加工率で鍛造されたものに顕著に発生する。

【0004】そこで、特開平1-283337号公報では、Mn, Cr, Zr等を添加することにより結晶粒の粗大化を抑制することが提案されている。所定量のMn, Cr及びZrをAl-Mg-Si系のアルミニウム合金に複合添加するとき、鍛造、熱処理等の工程において結晶粒の成長が抑制され、微細な結晶組織をもつ材料が得られるとされている。また、特開平3-6346号公報では、Si, Cu, Mg, Mn, Be等の成分調整を図ることにより、鍛造工程及び熱処理工程で変色がなく、アルミニウム合金本来の色調をもつ鍛造用合金が紹介されている。

【0005】この6010系等のアルミニウム合金は、押出し工程を経て鍛造用素材にされるが、耐摩耗性に劣

り、ボルトを使用した締結や鋼製部材との接合に問題がある。たとえば、使用中に振動、衝撃、摺動等によってアルミ部材と鋼製部材との間で摩擦や摩耗等が生じ、締結部の緩み、抜け落ち、破損等が生じ易くなる。そのため、ボルト締結部等が多い自動車用部品としては、改良の余地がある。耐摩耗性を改善するため、本発明者等は、Al-Si系合金にSbを添加して半連続鑄造法によって凝固した鑄塊を押出し加工することが有効であることを見出し、特開平1-268839号公報として紹介した。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】Sb添加により組織を微細化した特開平1-268839号公報のアルミニウム合金は、耐摩耗性に優れたものの、6061合金に比較して引張り強さ、疲労強度等が低く、高強度が必要とされる構造材としての使用に若干問題が残る。

【0007】他方、特開平3-6346号公報のアルミニウム合金は、Sb添加に起因するものと推察される鍛造品表面の変色をBe添加によって抑制することを狙ったものであり、機械的強度や加工性に対する改良が十分でない。

【0008】本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、Si, Sb, Fe, Ti, Mg, B及びCuの間で成分バランスを図ることにより、展伸用合金に匹敵する鍛造後のT₁処理材で33kg/mm²以上の引張り強さをもち、且つ伸びも13%以上と高い鍛造加工性及び耐摩耗性に優れたアルミニウム合金を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の押出し・鍛造用アルミニウム合金は、その目的を達成するため、Si:3.5~6.5重量%, Sb:0.05~0.15重量%, Fe:0.25重量%以下, Cu:0.5~3.5重量%, Ti:0.01~0.1重量%, Mg:0.2~0.6重量%及びB:0.0005~0.02重量%を含有し、残部が実質的にAlであることを特徴とする。このアルミニウム合金は、更にMn:0.05~0.5重量%, Cr:0.05~0.3重量%及びSr:0.001~0.05重量%から選ばれた1種又は2種以上を含有することもできる。

【0010】

【作用】Al-Si-Mg系合金は、図1に示すようにSi含有量に応じて引張り強さσ_{0.2}や伸びδ等の引張り特性が変化する。すなわち、Si含有量が7重量%を超えると、強度が向上するものの、伸びが低下する。逆に、4重量%未満のSi含有量では、耐摩耗性が低下する。また、伸びは、表1に示すように共晶Siが小さくなると増加する傾向を示し、Sbの添加によって向上する。

【表1】

3
表1： 共晶Siの粒径及びSb添加が伸びに与える影響

合金成分及び含有量 (重量%)				共晶Siの 平均粒径 (μm)	σ_B (kg/mm^2)	$\sigma_{0.2}$ (kg/mm^2)	δ (%)
Si	Cu	Mg	Sb				
5.41	2.56	0.47	—	5.7	42.7	33.4	16.2
5.47	2.59	0.43	0.05	4.8	43.1	33.1	17.8
5.43	2.48	0.45	0.11	4.5	42.6	32.6	18.4
5.45	2.62	0.41	0.19	4.3	43.2	33.5	17.5

【0011】本発明においては、Si含有量4～7重量%の範囲で強度、伸び及び耐摩耗性を維持するために、Cuの添加が最も有効であることを見出した。添加されたCuは、鑄造したままの状態ではマトリックスの中に固溶しているが、その後の加工、熱処理等によって微細なAl₂Cu析出物となってマトリックス中に析出し、アルミニウム合金の強度や硬さを向上させる。

【0012】この点、同様な強化を狙って使用されるMgは、マトリックスを固溶硬化する元素であることから、Cuと異なり強度の向上が図られても、伸びや加工性を著しく低下してしまう。したがって、加工性が要求されるアルミニウム合金に対しては、Mgを多量添加することはできない。更に、添加されたCuは、鑄塊状態でもAl-Ti-Bによる微細化硬化を助長すると共に、押出し丸棒においても熱処理後の再結晶粒が粗大化することを抑制する作用を呈する。これにより、強度を上昇させ、且つ伸びの低下が防止される。

【0013】マトリックスの強度や硬さが増加することによって、耐摩耗性に大きな影響を与える共晶Si粒子をマトリックス中に固定する力が大きくなる。そのため、相手材との摺動による共晶Si粒子の剥離が防がれ、より高い耐摩耗性が得られる。しかも、Cu添加に伴って鑄塊の冷却速度が徐冷側に移行し、共晶Siの晶出から凝固までの時間が長くなる。その結果、共晶Si粒子は、丸みを帯びた形状になると共に、鑄塊内での分布も均一になる。これによっても、耐摩耗性の向上が図られる。

【0014】Cu添加は、鍛造性に関しても好結果をもたらし、特に変形能の一つの指標である肌荒れの低減に寄与する。これは、Cu添加に起因したマクロ結晶粒微細化作用だけではなく、Sbの複合添加による共晶Si粒子の微細化作用が相俟つた(Cu+Sb)の相乗効果によるものである。しかも、Sbの複合添加により、伸びの向上も図られる。

【0015】以下、本発明アルミニウム合金の合金成分

及びその含有量を説明する。

Si： 良好な鑄造性を付与すると共に、耐摩耗性を向上させる上で有効な合金元素である。Siを3.5～6.5重量%含有する本発明のアルミニウム合金は、ボルト締結部が多い自動車用部品として有利である。Si含有量が3.5重量%を下回ると、鑄造性が劣化するばかりでなく、強度、耐摩耗性が低下する。他方、6.5重量%を超える多量のSiを含有するとき、延び、靱性等が劣化し、鍛造加工性が悪くなる。

【0016】Sb： 共晶Siを微細にする作用を呈し、特に鑄造・鍛造用に使われるアルミニウム合金の伸びを改善する。また、押出し・鍛造加工においても、溶体化処理時間の短縮がSb添加によって可能となる。このようなSbの作用は、0.05重量%以上含有させるとき顕著に現れる。しかし、0.15重量%を超える多量の添加は、脆いSb₂Mg等の金属間化合物の発生を促進させ、アルミニウム合金の加工性を劣化させる。したがって、Sb含有量を0.05～0.15重量%の範囲に設定した。

【0017】Fe： 不純物としてアルミニウム合金に混入する元素であるFeは、Al-Fe-Si系化合物となってマトリックスに分散し、伸び、靱性、耐食性等に悪影響を与える。したがって、Fe含有量は、少なければ少ないほど好ましい。しかし、過度にFe含有量を下げることは、合金の溶製を困難にする。そこで、Fe含有量は、実質的な悪影響がみられない0.25重量%に上限を設定した。

【0018】Cu： 本発明アルミニウム合金において重要な役割を果たす合金元素であり、伸びを低下させることなく機械的強度、耐摩耗性等を改善する。Cu添加による強度向上は、T₆等の熱処理によって析出するCuAl₂に起因するものである。33kg/mm²以上の引張り強さを得るためには、0.5重量%以上のCuを含有させることが必要である。アルミニウム合金の強度は、Cu含有量に比例して上昇する。しかし、3.5重

量%を超えるCu含有量では、強度改善効果が飽和し、反対に耐食性、靱性等を劣化させる原因となる。したがって、Cu含有量は、0.5～3.5重量%の範囲に設定した。

【0019】Ti： 鋳塊の組織を微細にし、鋳塊の割れ発生を防止すると共に、オレンジピール等の塑性加工に伴う肌荒れが鍛造品の表面に発生することを防止する作用を呈する。このような効果は、0.01重量%以上のTiを含有されるとき顕著に現れる。しかし、0.1重量%を超える多量のTiを添加するとき、TiB₂、TiAl₃等の巨大な晶出物が発生し易くなり、鍛造加工時の割れや切削加工時の表面疵を発生させる。また、多量のTi含有により、靱性の劣化もみられる。したがって、0.01～0.1重量%の範囲にTi含有量を定めた。

【0020】Mg： Cuと同様にアルミニウム合金の強度を向上させる上で、必須の合金成分である。Mgを添加した本発明アルミニウム合金においては、Ti等の熱処理によって微細なMg₂Siがマトリックスに析出し、強度を向上させる。Mg含有量が0.2重量%未満では、Mg添加による強度改善効果がほとんどみられない。しかし、0.6重量%を超える多量のMgを含有させると、析出硬化による強度改善効果が飽和するばかりでなく、割れ感受性、靱性等が低下し、押出し、鍛造等の加工性が悪くなる。そこで、Mg含有量は、0.2～0.6重量%の範囲に設定した。

【0021】B： Tiと同様に結晶粒の微細化に有効な合金元素であり、0.0005重量%以上の含有量でその効果がみられる。しかし、0.02重量%を超えてBを含有させると、巨大なTiB₂等の晶出物が発生し易くなり、鍛造、切削等の加工性を低下させる。そこで、B含有量を0.0005～0.02重量%の範囲に設定した。

【0022】選択成分として添加されるCr、Mn及びSrは、次の作用を呈する。

Cr： 押出し、鍛造及び後続する熱処理時に結晶粒の成長を抑制し、熱処理後の組織を微細にする上で有効な

合金元素である。これにより、高い強度、伸び及び靱性が確保される。この作用は、0.05重量%以上のCrを含有させるとき顕著にみられる。しかし、0.3重量%を超えて多量のCrを含有させると、Al-Si-Fe-Cr系等の硬くて脆い金属間化合物の析出量が多くなり、加工性に悪影響を与える伸び、靱性等の低下がみられる。したがって、Crを含有させる場合には、その含有量を0.05～0.3重量%の範囲に定める。

【0023】Mn： Crと同様に結晶粒の粗大化を抑制し、強度、伸び、靱性等を改良する合金元素である。Mn添加の効果は、0.05重量%以上で顕著になる。しかし、0.5重量%を超えてMnを含有させると、Al-Si-Fe-Mn系等の硬くて脆い金属間化合物の析出量が多くなり、加工性に悪影響を与える伸び、靱性等の低下がみられる。したがって、Mnを含有させる場合、その含有量を0.05～0.5重量%の範囲に定める。

【0024】Sr： Sbと同様に共晶Siを微細化し、衝撃値や伸びを向上させる上で有効な合金元素である。また、溶体化処理時間の短縮や鍛造性の向上にも有効に作用する。このようなSrの作用は、含有量が0.001重量%以上のとき顕著に現れる。しかし、0.05重量%を超えてSrを含有させると、金属間化合物の発生に起因した加工性の低下や、アルミニウム溶湯に対するガス、介在物等の混入を促進させる。したがって、Srを含有させる場合には、その含有量を0.001～0.05重量%の範囲に定める。

【0025】

【実施例】表2に示した成分及び塑性をもつ各種アルミニウム合金を溶製し、半連続鑄造によって外径32.5mm、長さ600mmのビレットを製造した。なお、表1における本発明例1及び2は、それぞれ請求項1及び2で特定されたアルミニウム合金に相当する。得られたビレットを510℃に4時間保持した後、更に400～450℃に加熱し、直径4.5mmの丸棒を押し出した。

【0026】

【表2】

7
表2: 使用したアルミニウム合金の種類

試験 番号	合 金 成 分 及 び 含 有 量 (重量%)									適 用
	Si	Cu	Mg	Mn	Cr	Sb	Ti	B	Sr	
1	3.47	0.51	0.46	無添加	無添加	0.10	0.01	0.003	無添加	本 発 明 例 1
2	4.46	2.53	0.45	無添加	無添加	0.10	0.01	0.003	無添加	
3	5.41	3.51	0.30	無添加	無添加	0.11	0.01	0.001	無添加	
4	3.52	0.47	0.46	0.42	0.02	0.08	0.02	0.002	0.02	本 発 明 例 2
5	4.51	2.50	0.37	0.02	0.15	0.11	0.01	0.001	0.02	
6	5.46	3.49	0.32	0.41	0.17	0.10	0.02	0.001	0.02	
7	3.52	無添加	0.43	無添加	無添加	0.09	0.01	0.001	無添加	比 較 例
8	4.39	無添加	0.51	無添加	無添加	0.11	無添加	無添加	無添加	
9	5.47	無添加	0.33	無添加	無添加	0.12	0.01	0.02	無添加	
10	5.41	無添加	0.45	無添加	無添加	無添加	0.01	0.001	無添加	

【0027】次いで、押出し材を温度450℃及び加工率75%で熱間鍛造し、T₁熱処理を施した。鍛造後のT₁熱処理としては、510℃に4時間保持した後、水冷し、48時間室温に放置し、170℃で10時間焼き戻す熱履歴を採用した。熱処理が施された各試験片について結晶組織を観察し、粒径を測定した。また、引張り強さ、耐力及び伸びを調査した。調査結果を表3に示す。

【0028】更に、室温で行う冷間鍛造及び350℃、400℃、450℃の各温度で行う熱間鍛造による据込み試験によって鍛造品表面に肌荒れ現象を観察し、その良否に基づいて押出し丸棒の鍛造性を評価した。このとき使用した試験片としては、冷間鍛造試験用には押出し丸棒を410℃に1時間保持した後で徐冷した焼鈍材を、また熱間鍛造試験用には押し出したままの丸棒を使用した。何れの試験にあっても、押出し丸棒から削り出された直径14mm及び高さ26mmの円柱状の試験片

を使用した。これらの試験片を、25トンの油圧電気式サーボパルサー試験機を使用し100mm/秒の速度で5mmの厚さまで圧縮し、加工率（据込み率）80%において測定面の肌荒れ状態を観察した。据え込み鍛造によって再結晶が促進され、400～500μmの粗い再結晶粒が発生したものもあったが、本発明合金では何れも150～350μmの細かい再結晶粒であり、鍛造時の肌荒れ防止が効果的に抑えられていた。

【0029】表面状態の観察結果を、表3に併せ示す。なお、表3において、鍛造品の測定面が平滑で且つ金属光沢を保っているものを◎、やや凹凸があるものの金属光沢が維持されているものを○、全周に凹凸が発生しているものを△、大きな深さの凹凸が形成され金属光沢を失っているものを×、凹凸数が多く段差が激しく、しかも一部に割れが発生しているものをXXとして評価した。

【0030】

【表3】

表3: 各アルミニウム合金の物性

試験 番号	鍛造品 (T ₆)		丸 棒 押 出 し (T ₆)			押出し棒→熱間鍛造 (T ₆)			適 用
	表面 性状	結晶粒径 (μm)	σ_B (kg/mm^2)	$\sigma_{0.2}$ (kg/mm^2)	δ (%)	σ_B (kg/mm^2)	$\sigma_{0.2}$ (kg/mm^2)	δ (%)	
1	○	350	33.8	25.5	19.0	33.9	28.5	19.1	本 発 明 例 1
2	○	270	42.1	33.0	18.7	42.4	33.4	18.2	
3	◎	210	47.4	39.3	13.8	47.7	39.5	13.4	
4	○	310	33.9	25.2	19.8	34.5	26.0	19.1	本 発 明 例 2
5	◎	220	41.9	32.3	18.9	42.5	32.5	18.8	
6	◎	150	47.3	40.7	13.2	48.2	41.4	13.0	
7	△	410	28.8	19.3	20.1	28.8	20.2	19.8	比 較 例
8	×	430	32.1	26.2	18.7	32.5	26.7	19.6	
9	×	440	32.3	26.8	14.1	32.3	27.2	13.5	
10	XX	390	32.1	27.2	12.4	32.7	27.8	13.2	

【0031】表3から明らかなように、本発明例1及び2のアルミニウム合金は、何れも $33\text{kgf}/\text{mm}^2$ 以上の高い引っ張り強度をもっており、しかも鍛造後の結晶組織が細かく、肌荒れが発生した外観を呈するものは皆無であった。これは、Sb及びCuの相乗効果に由来するものと推察される。すなわち、Sb添加によって共晶Siが微細化すると共に、Al-Ti-B系金属間化合物による微細化効果がCu添加で促進され、これらが相乗して優れた機械的特性及び加工性が呈せられる。しかも、伸び δ の低下が小さく、耐力 $\sigma_{0.2}$ が大幅に向上している。

【0032】これに対し、比較合金7及び9では、Cu無添加のために強度が出ておらず、比較合金8ではAl

-Ti-B及びCu無添加のために鍛造品の肌荒れが激しくなっている。また、比較合金10では、Sb及びCuを添加していないことから共晶Si及び再結晶粒であるマクロ粒子が共に粗く、強度、伸び及び肌荒れの全ての点において本発明合金に劣っている。

【0033】耐摩耗性の評価試験には、乾式の大越式試験機を使用し、相手材としてFC28の回転円板を用いた。そして、荷重2.1kg、摩擦速度1.21m/秒、2.24m/秒及び3.88m/秒で試験片を相手材に摺擦し、FC28の回転円板によって削り取られた試験片の量を算出し、算出結果を表4に示した。

【表4】

表4： 耐摩耗性に与えるCu添加の影響

試験 番号	共晶Siの 平均粒径	比摩耗量 $\times 10^{-7}$ (mm ² / kg)		
		1. 21m/秒	2. 24m/秒	3. 88m/秒
9	4. 7 μ m	15. 40	9. 02	3. 95
2	3. 0 μ m	11. 87	7. 63	3. 73

【0034】表4から明らかなように、試験番号2の本発明合金では、Cu無添加の試験番号9の合金に比較して、何れの速度領域においても摩耗量が小さく、耐摩耗性が6～22%向上していることが判る。耐摩耗性が向上する主たる理由は、次の二つである。

① Cuの添加によってマトリックスの硬さ及び強度が高くなり、結果として耐摩耗性に最も大きく影響する共晶Siを固定化する力が大きくなり、摩擦によって剥離されることが防止されること。

② Cuの添加によって凝固速度が低くなり徐冷されるため、Al-Ti-Bの効果がより顕著に発現され、鑄塊の結晶粒が微細化及び均一化されることに加え、それらの結晶粒界で凝固する共晶Si自体も形状が丸みを帯びて均一な分布になること。

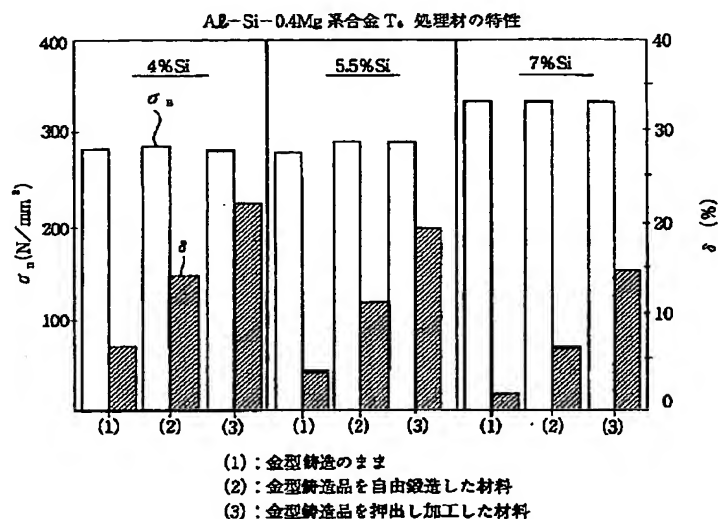
* 【0035】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明においては、Sb、Ti、B等による結晶粒微細化作用及びCu、Mg等によるマトリックス強化を利用し、これら合金成分の間でバランスを図った合金設計を採用することにより、押出し加工性、鍛造加工性に優れると共に、耐肌荒れ性及び機械的特性が良好な押出し・鍛造用アルミニウム合金を得ている。このアルミニウム合金は、従来の鍛造用アルミニウム合金に比較して引張り強さ、耐力等が大幅に向上しているため、たとえばボルト締結部等が多数ある自動車用構造材料として好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 Al-Si-Mg系合金の引張り強さ及び伸びに与えるSi含有量の影響を表したグラフ

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 土屋 健二

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

株式会社日軽技研内